



TITLE:

有限温度回転運動における殻効果(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

吉田, 光次

CITATION:

吉田, 光次. 有限温度回転運動における殻効果. 京都大学, 1997, 博士(理学)

ISSUE DATE:

1997-03-24

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/202437>

RIGHT:

氏 名	よし だ こう じ 吉 田 光 次
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 1803 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 二 専 攻
学位論文題目	有限温度回転運動における殻効果

論文調査委員	(主 査) 教 授 堀 内 昶	教 授 益 川 敏 英	教 授 今 井 憲 一
--------	--------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

原子核のイラスト線付近の非常に高い角運動量を持つ状態は、大きな回転角速度で集団的に回転していると考えられる。励起エネルギーの大半は回転のエネルギーが占め、回転座標系での励起エネルギーは比較的小さいと考えられ、回転バンドが特徴的な構造になっている。他方、非イラスト（有限温度）では、回転バンド構造が失われ、回転減衰という現象が起こる。通常変形核では、イラストから測って約 1 MeV で減衰が始まり、回転バンドは約 30 程しかない。しかし、殻効果の強い超変形核では、通常変形核の場合と大きく異なる。申請論文の研究は、有限温度領域の超変形原子核の回転運動が強い殻効果の下でどのような性質を持つかを微視的モデルに基づき解析し、2つの主要な微視的效果が重要な役割をもつことを示したものである。

この研究においては、まず、cranked Nilsson Strutinsky 平均場に基づいて残留相互作用を取り込んだハミルトニアン行列の対角化を行い、超変形核の高スピン状態をイラストから非イラストにわたって求める。次にそれらの高スピン状態間の回転 E2 遷移強度を計算することによって、回転減衰の始まるメカニズムを考察するのである。そのような微視的な計算の結果、A~150 領域の超変形核では、減衰はイラストから測って、1.5~3.0 MeV で始まり、回転バンドは 40 から最大で 100 に達することが分かった。そしてこれらの結果は、核子数によって大きなばらつきがあることが分かった。更に、A~190 超変形核として、 ^{192}Hg を例として計算すると、バンド数は 150 にも達し、A~150 超変形核をも凌ぐ結果となった。

以上の、超変形核での回転減衰の発現に関する多様性は、2つの微視的メカニズムを分析することによって説明出来ることが明らかにされた。2つの微視的メカニズムとは(1)平均場から作られる多粒子多空孔配位の残留相互作用による混合と、(2)それら配位のエネルギーの全角運動量に関する微分のばらつき、つまり、各配位の回転角振動数のばらつきである。この2つの微視的メカニズムの分析につき、以下にそれぞれ説明する。

A~150 超変形核での最も重要な微視的效果は、一粒子準位の殻構造による、準位密度の著しい低下で

ある。これにより回転減衰の一つの要因である多粒子多空孔配位の混合が抑止されていることが明らかにされた。この抑止のために、回転減衰が起こりにくくなり、バンド数が多くなっている。また、単位密度が通常変形核に較べて非常に小さいながら、超変形核間での差も大きく、超変形核間でも単位密度と回転減衰の間に明らかな相関が見られ、回転バンド数などに敏感に反映されることが明らかにされた。 ^{143}Eu のような開殻的な超変形核では、バンド数が通常変形核に近い値を持ち、これは実験値とも矛盾しない。一方で、 ^{150}Gd のような閉殻的なものでは、バンド数は100を数える。このような多様性は殻効果のもたらす重要な結果である。

一方、 ^{192}Hg 超変形核で求められたバンド数は、 $A \sim 150$ 超変形核での単位密度と回転減衰の間のシステマティクスから予想されるよりもはるかに多い。この計算結果の依って来る原因の明解な説明を与えたことは申請論文の重要な成果である。それは即ち、回転減衰のメカニズムの一つである回転角振動数のばらつきが ^{192}Hg では非常に小さくなっていることが原因であることを明らかにし、更に回転角振動数のばらつきが非常に小さくなる理由を明らかにしたことである。回転角振動数のばらつきにフェルミ面近傍の個々の一粒子準位の性質が深く関わっており、系の微視的な性質を反映している。この一粒子準位の性質とは、アライメントと呼ばれ、一粒子エネルギー e_n の回転角速度 ω による微分 $i_n = \frac{de_n}{d\omega}$ である。 $i_n \approx 0$ である準位は回転に対して安定な軌道であり、 $A \sim 190$ 超変形核では、そのような軌道がフェルミ面近傍に多数存在する。そのような軌道は、回転角振動数のばらつきを小さくする。 ^{192}Hg では、アライメントの小さな準位が集中する領域にフェルミ面が位置することで、このような効果が生じたのであり、エネルギースペクトルの殻構造（一粒子準位密度の揺らぎ）と対比される、アライメントの揺らぎが、回転減衰において作用することを意味している。この効果も、通常とは別の意味での殻効果と呼ぶべきであろう。

申請論文の内容は1編の発表論文を基礎にしている。参考論文3編は申請論文に関係した内容の先行論文である。

論文審査の結果の要旨

変形原子核のイラスト線に沿っての高い角運動量状態は、その励起エネルギーが原子核全体が集団的に回転している回転エネルギーで占められているので、原子核の内部状態としては温度がゼロの状態である。イラスト線近傍はこのような温度ゼロの内部状態の回転状態が規則的回転帯を構成している。この温度ゼロのイラスト線から有限温度の内部状態を持つ励起状態へと移行するにつれ、規則的回転帯構造が次第に失われていわゆる回転減衰という現象が起こる。この回転減衰の様相は通常の変形核と超変形核では大きく異なっていると考えられている。超変形核というのは楕円体的変形の長軸と短軸の比が2対1にも及ぶ大きな変形であるが、このような超変形が出現するのは変形した状態での一粒子運動の強い殻効果に由来すると考えられている。従って超変形核では通常変形核よりも殻効果の影響が強いことが予想される。申請論文の研究は、有限温度領域の超変形原子核の回転運動が強い殻効果の下でどのような性質を持つかを微視的モデルに基づき解析したものである。

この研究で採用した微視的モデルは、回転変形平均場での多粒子多空孔配位を構成して、それらの配位の混合を残留相互作用を取り扱うことにより求める、というものである。配位混合した状態として超変形

核の高スピン状態がイラストから非イラスト（有限温度）にわたって求められるわけである。次にそれらの多数の高スピン状態間の回転 E2 遷移強度を計算し、その数値計算の結果を分析することによって、回転減衰の始まるメカニズムを考察するのである。

微視的な計算の結果分かったことは、まず A~150 領域の超変形核では、通常核に比べ回転減衰の始まる励起エネルギーは高く回転バンドの数も多くて 40 から最大で 100 に達することである。そしてこれらの結果は、核子数によって大きなばらつきがあることである。次に分かったことは、A~190 超変形核では、 ^{192}Hg を例として計算すると、バンド数は 150 にも達し、A~150 超変形核をも凌ぐということであった。

本論文の大きな成果は、以上の超変形核での回転減衰の発現に関する多様性が、以下に説明する 2 つの微視的メカニズムの分析によって理解出来ることを明らかにしたことである。まず第一の微視的メカニズムは、平均場から作られる多粒子多空孔配位の残留相互作用による混合に起因するものである。これは A~150 超変形核ではつぎのような理解をもたらす。A~150 超変形核での最も重要な微視的効果は、一粒子準位の殻構造による、準位密度の著しい低下である。これにより多粒子多空孔配位の混合が抑止されることとなり、その結果回転減衰が起こりにくくなり、バンド数が多くなるのである。また更に明らかにされたことは、準位密度が通常変形核に較べて非常に小さいことは共通であっても、超変形核間での差も大きく、超変形核間でも準位密度と回転減衰の間に明らかな相関が見られ、回転バンド数などに敏感に反映されるということである。結局、多粒子多空孔配位の残留相互作用による混合という第一の微視的メカニズムを通じて発現する多様性の基本要因は、殻効果のもたらす重要な働きにあることが明らかにされたのである。

次に、第二の微視的メカニズムというのは、多粒子多空孔配位のエネルギーの全角運動量に関する微分のばらつき、つまり、各配位の回転角振動数のばらつきに起因するものである。申請論文の特筆される成果の一つは、このメカニズムの分析を通して次に述べる計算結果の依って来る原因の明解な説明を与えたことにある。その計算結果とは、 ^{192}Hg 超変形核で求められたバンド数は、A~150 超変形核での準位密度と回転減衰の間のシステマティクスから予想されるよりもはるかに多いというものである。計算結果を分析すると、このように ^{192}Hg で回転減衰が小さくなっているのは ^{192}Hg では回転角振動数のばらつきが非常に小さくなっているためであることが明らかにされた。そして更に回転角振動数のばらつきが非常に小さくなる理由を次のように解明したのである。回転角振動数のばらつきにはフェルミ面近傍の個々の一粒子準位のアライメントが深く関わっており、系の微視的な性質を反映している。アライメントはほぼゼロである準位は回転に対して安定な軌道であり、A~190 超変形核では、そのような軌道がフェルミ面近傍に多数存在するのである。結局、多粒子多空孔配位の回転角振動数のばらつきという第二の微視的メカニズムを通じて発現する多様性の基本要因は、アライメントの揺らぎがもたらす重要な働きにあることが明らかにされたのである。

以上申請論文は、原子核が温度ゼロの状態から有限温度の状態へと移行するときに原子核構造がどのような変化を示すのかと言う基本問題を、超変形核状態という重要な核構造の場合に微視的に追究し、新しい知見と深い理解を得ることにより、核構造研究に重要な貢献をしたものである。よって本論文は博士（理

学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、主論文および参考論文に報告されている研究業績を中心とし、これに関連した研究分野について試問した結果、合格と認めた。